

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 762 942

(21) N° d'enregistrement national : 97 05509

(51) Int Cl⁶ : H 03 D 7/12

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 05.05.97.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 06.11.98 Bulletin 98/45.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : ALCATEL ALSTHOM COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE SOCIETE ANONYME — FR.

(72) Inventeur(s) : VILLEMAZET JEAN FRANCOIS.

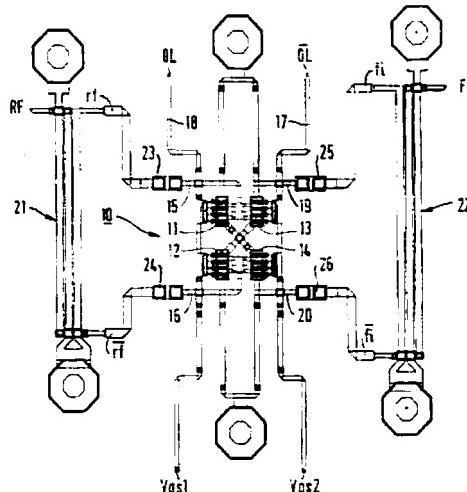
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : ALCATEL ALSTHOM RECHERCHE.

(54) MELANGEUR COMPACT DOUBLEMENT EQUILIBRE A QUAD DE TECS FROIDS EN TECHNOLOGIE MMIC.

(57) L'invention concerne un mélangeur doublement équilibré à quad (10) de TECs froids (11 à 14). Il comprend des coupleurs à 180° pour les accès entrée/sortie du quad (10), ces coupleurs étant des coupleurs (21, 22) en $\lambda/16$ à 3 lignes couplées directement cascadés avec le quad (10).

L'invention permet d'obtenir un gain en encombrement d'un facteur 5, 4 en bande KU par rapport à un mélangeur à quad de TECs froids employant des coupleurs en $\lambda/4$.



Mélangeur compact doublement équilibré à quad de TECs froids en technologie MMIC

Le domaine de l'invention est celui des mélangeurs de signaux hautes fréquences. Plus précisément, la présente invention concerne un mélangeur compact doublement équilibré à quad de TECs froids réalisable notamment en technologie MMIC (Microwave Monolithic Integrated Circuit).

Un mélangeur a traditionnellement pour fonction de convertir la fréquence d'un signal d'entrée, par exemple un signal radiofréquences RF reçu, en un signal de sortie, par exemple un signal en fréquence intermédiaire FI, grâce à un signal d'oscillateur local LO. On cherche généralement à obtenir une fréquence F_{FI} du signal FI égale à $F_{RF} - F_{LO}$, avec F_{RF} la fréquence du signal RF et F_{LO} la fréquence du signal LO.

Le problème rencontré avec les mélangeurs est que leur signal de sortie est en réalité constitué par un spectre de plusieurs fréquences :

$$10 \quad n^*F_{RF} \pm m^*F_{LO}$$

avec n et m entiers.

On obtient donc en sortie d'un mélangeur non seulement la fréquence désirée, mais également un ensemble de fréquences parasites qu'il convient d'éliminer. A cet effet, on utilise des mélangeurs équilibrés comprenant des coupleurs 180° sur les accès d'entrée (RF) et de sortie (FI) permettant une combinaison en opposition de phase d'un certain nombre de fréquences parasites.

La figure 1 représente un quad de TECs froids doublement équilibré destiné à être utilisé dans un mélangeur.

Le quad de la figure 1, généralement référencé par 10, comporte quatre TECs froids 11 à 14 formant un pont équilibré. Des tensions de polarisations continues V_{GS1} et V_{GS2} , éventuellement identiques, sont appliquées sur les grilles des TECs 11 à 14. Le quad 10 est destiné à mélanger un signal radiofréquences RF avec un signal d'oscillateur local OL pour fournir un signal en fréquence intermédiaire FI. Plus précisément, six accès sont prévus : deux premiers accès d'entrée 15 et 16 auxquels doivent être appliqués un signal rf et ce même signal déphasé de 180° (\bar{rf}), deux seconds accès d'entrée 17 et 18 auxquels doivent être appliqués le signal d'oscillateur local OL et son complément \bar{OL} , et deux accès de sortie 19 et 20 fournissant deux signaux fi et \bar{fi} . Les signaux rf et \bar{rf} sont issus d'un coupleur 180° non représenté auquel est appliqué le signal d'entrée RF et les signaux fi et \bar{fi} sont destinés à être combinés, également par un coupleur non représenté, pour fournir un signal de sortie FI. Habituellement, un réseau

d'adaptation d'impédance à 50Ω est inséré entre les accès 15 et 16 et le coupleur d'entrée d'une part et entre les accès 19 et 20 et le coupleur de sortie d'autre part.

Les TECs 11 à 14 fonctionnent en commutateurs, c'est à dire que leurs résistances drain/source présentent soit quelques Ω (état passant), soit quelques $k\Omega$ (état bloqué), en fonction des signaux OL et OL.

Les coupleurs 180° peuvent être réalisés sous plusieurs formes : un premier mode de réalisation consiste à utiliser des anneaux hybrides (encore appelés "Rat-Race") tel que décrit dans le brevet américain n°4.603.436. Un anneau hybride est une ligne micro-ruban d'une circonférence de $1,5\lambda$, avec λ la longueur d'onde du signal considéré, dont les sorties sont réparties par pas de $\lambda/4$. Un second mode de réalisation consiste à utiliser des circuits "balun" qui emploient également des lignes couplées de longueur $\lambda/4$. Un mélangeur employant un circuit balun est par exemple décrit dans le brevet américain n°5.142.697. Une troisième solution est d'employer, en technologie coplanaire, des transitions ligne coplanaire/ligne à fente qui nécessitent elles aussi des circuits ouverts de dimensions homogènes à $\lambda/4$.

Le principal problème posé par ces différents coupleurs est qu'ils présentent tous un encombrement important lié à leur construction en $\lambda/4$. Ils ne sont donc pas adaptés à une réalisation en technologie MMIC en bande S, C, X ou même KU (10 à 15 GHz), dès lors que l'on cherche à obtenir un mélangeur compact. De plus, il est nécessaire d'utiliser des réseaux d'adaptation d'impédance entre le quad et les coupleurs, ce qui augmente encore l'encombrement du mélangeur.

La présente invention a notamment pour objectif de remédier à ces inconvénients.

Plus précisément, un des objectifs de l'invention est de fournir un mélangeur doublement équilibré à quad de TECs froids, ce mélangeur comprenant des coupleurs à 180° pour les accès entrée/sortie du quad (RF et FI) et présentant un encombrement réduit par rapport aux mélangeurs de l'état de la technique.

Cet objectif, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, est atteint grâce à un mélangeur doublement équilibré à quad de TECs froids, du type comprenant des coupleurs à 180° pour les accès entrée/sortie du quad, ce mélangeur étant caractérisé en ce que les coupleurs sont des coupleurs en $\lambda/16$ à 3 lignes couplées directement cascadés avec le quad.

Avantageusement, les développements de grille des TECs et les polarisations de grille sont optimisés pour que l'impédance présentée par le quad soit égale à l'impédance complexe conjuguée de celle présentée par les coupleurs.

Préférentiellement, un signal de fréquence supérieure à 1 GHz est appliqué au coupleur relié aux accès d'entrée du quad et, de même, un signal de fréquence supérieure à 1 GHz est issu du coupleur relié aux accès de sortie du quad.

Le mélangeur selon l'invention est avantageusement réalisé en technologie MMIC pour fonctionner dans la bande KU.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre illustratif et non limitatif, et des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un quad de TECs froids doublement équilibré destiné à être utilisé dans un mélangeur ;
- la figure 2 représente un mélangeur doublement équilibré à quad de TECs froids selon l'invention, ce mélangeur étant réalisé en technologie MMIC ;
- la figure 3 représente un coupleur en $\lambda/16$ à 3 lignes couplées tel qu'utilisé dans le mélangeur de la figure 2.

La figure 1 a été décrite précédemment en référence à l'état de la technique.

La figure 2 représente un mélangeur doublement équilibré à quad de TECs froids selon l'invention, ce mélangeur étant réalisé en technologie MMIC.

L'invention propose d'utiliser des coupleurs à 180° en $\lambda/16$ et à 3 lignes couplées directement cascadés avec le quad, pour l'obtention d'une part des signaux rf et \bar{rf} à partir du signal RF, et d'autre part pour l'obtention du signal FI à partir des signaux fi et \bar{fi} . Un tel coupleur est représenté à la figure 3.

Le coupleur de la figure 3, référencé 29, a une longueur égale à $\lambda/16$, avec λ la longueur d'onde d'un signal appliquée sur une entrée référencée 30. Deux sorties 31 et 32 fournissent respectivement le signal appliquée à l'entrée 30 atténué et ce dernier signal en opposition de phase. L'application d'un signal E à l'entrée 30 fournit donc un signal e sur la sortie 31 et un signal \bar{e} sur la sortie 32. Le coupleur 29 est entièrement symétrique, c'est à dire que l'application de signaux sur les accès 31 et 32 fournit un signal de sortie sur l'accès 30. Le coupleur 29 comporte 3 lignes 33, 34 et 35 parallèles couplées entre elles de la manière suivante : l'accès 30 est relié à l'extrémité inférieure de la ligne centrale 34, son extrémité supérieure étant reliée à la masse par un plot 36 (trou métallisé). L'extrémité inférieure de la ligne 33 est reliée à la masse par un plot 37 et son extrémité supérieure à l'accès 32 et l'extrémité supérieure de la ligne 35 est reliée

36 au plot 36, l'extrémité inférieure constituant l'accès 31.

De retour à la figure 2, deux coupleurs de ce type, référencés 21 et 22, sont utilisés respectivement, l'un pour générer les signaux rf et \bar{rf} à partir du signal

l'autre pour générer le signal de sortie FI à partir des signaux fi et \bar{fi}

issus du quad 10. On notera que le coupleur 21 est plus petit que le coupleur 22 car le signal RF a une fréquence supérieure au signal FI ($F_{FI} = F_{RF} - F_{OL}$).

On notera également l'absence de réseaux d'adaptation d'impédance entre les coupleurs 21 et 22 et le quad 10 de TECs froids : l'inventeur a mis en évidence 5 une excellente compatibilité des impédances entre un quad de TECs froids et des coupleurs en $\lambda/16$ à 3 lignes couplées. Les développements de grille des TECs 11 à 14 et les polarisations des grilles V_{gs1} et V_{gs2} de ces TECs sont alors optimisés pour obtenir une adéquation parfaite des impédances. Ainsi, l'impédance présentée par le quad est égale à l'impédance complexe conjuguée de celle présentée par les 10 coupleurs 21 et 22 et ces éléments peuvent être directement cascadés.

Comme les liaisons entre les accès des coupleurs et ceux du quad présentent une caractéristique selfique, quatre condensateurs 23 à 26 de compensation sont avantageusement prévus à proximité des accès 15, 16 et 19, 20 du quad 10. Ces condensateurs 23 à 26 permettent en outre de couper la 15 polarisation continue appliquée sur les grilles des TECs froids.

L'invention permet d'obtenir un gain en encombrement d'un facteur 5,4 en bande KU par rapport à un mélangeur à quad de TECs froids employant des coupleurs en $\lambda/4$. L'invention est réalisable en technologie AsGa ou Si, non limitativement. Un mélangeur selon l'invention se prête également particulièrement 20 à une réalisation en technologie hybride du fait du faible encombrement présenté.

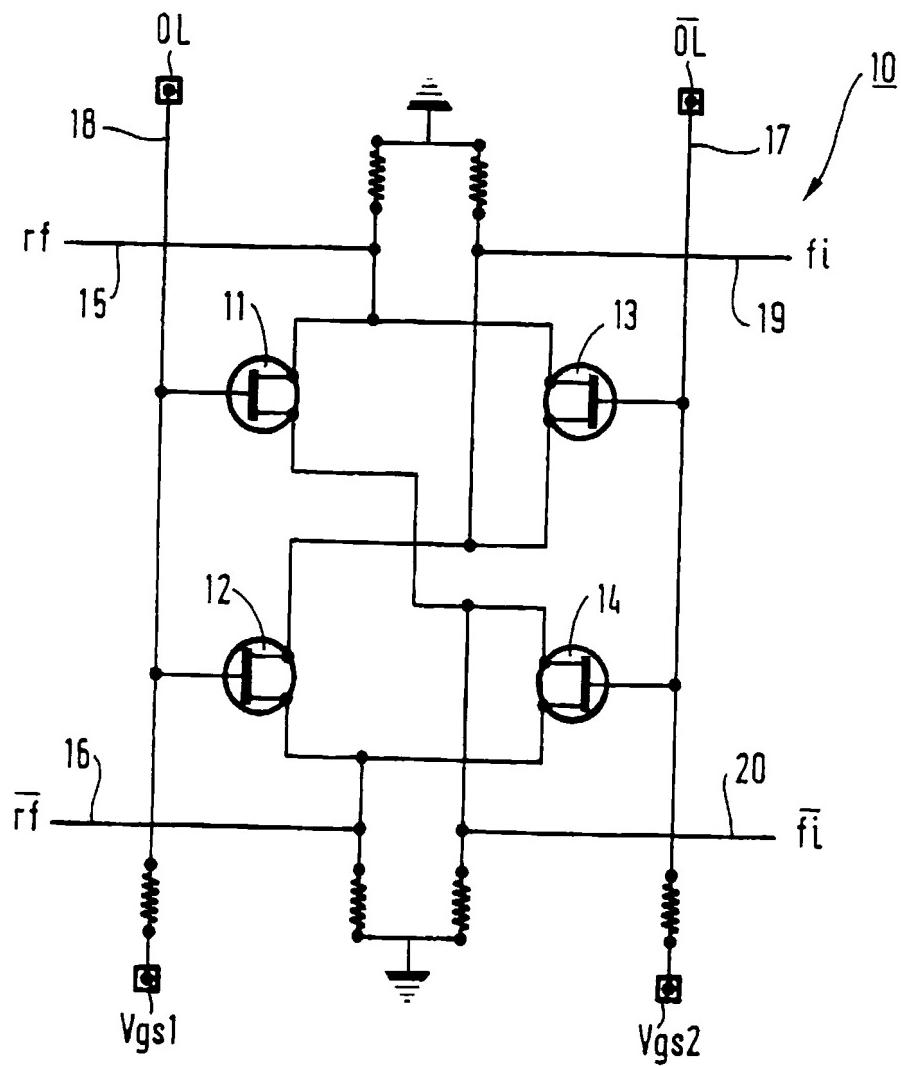
De manière générale, l'invention s'applique au mélange de tous signaux RF et FI présentant une fréquence supérieure à 1 GHz et notamment à un fonctionnement dans la bande KU (10 à 15 GHz).

REVENDICATIONS

1. Mélangeur doublement équilibré à quad de TECs froids (10), du type comprenant des coupleurs à 180° pour les accès entrée/sortie dudit quad (10),
5 caractérisé en ce que lesdits coupleurs sont des coupleurs (21, 22) en $\lambda/16$ à 3 lignes couplées directement cascadés avec ledit quad (10).
2. Mélangeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les développements de grille desdits TECs (11 à 14) et les polarisations desdites 10 grilles (V_{gs1} , V_{gs2}) sont optimisés pour que l'impédance présentée par ledit quad (10) soit égale à l'impédance complexe conjuguée de celle présentée par lesdits coupleurs (21, 22).
3. Mélangeur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'un 15 signal (RF) de fréquence supérieure à 1 GHz est appliqué audit coupleur (21) relié auxdits accès d'entrée (15, 16) dudit quad (10).
4. Mélangeur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un signal (FI) de fréquence supérieure à 1 GHz est issu dudit coupleur (22) relié 20 auxdits accès de sortie (19, 20) dudit quad.
5. Mélangeur selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il est réalisé en technologie MMIC.
- 25 6. Mélangeur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il fonctionne dans la bande KU.

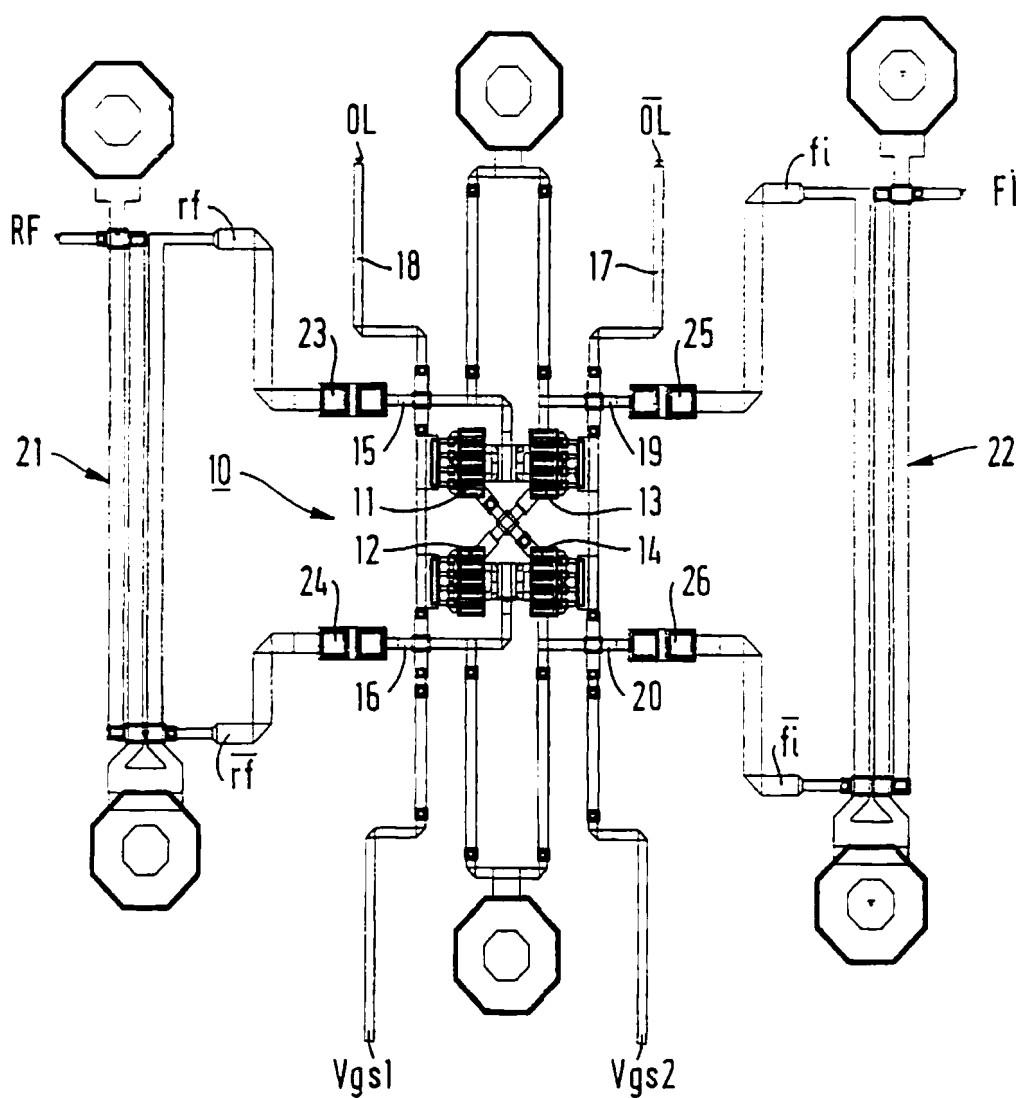
1/3

FIG. 1



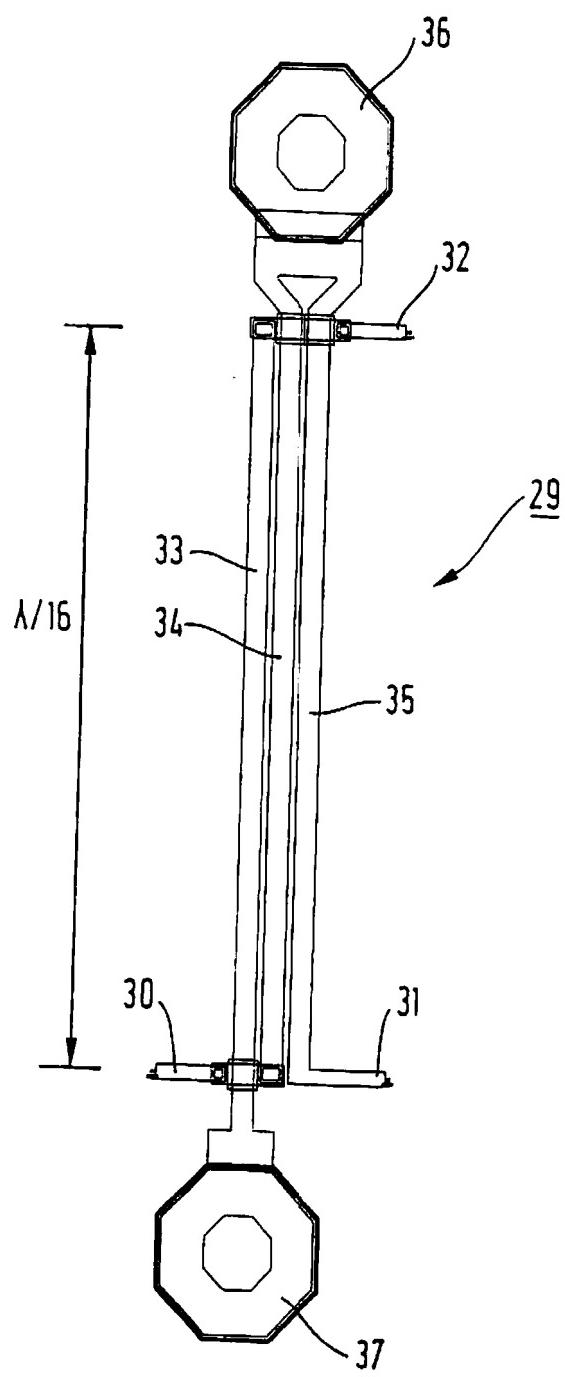
2/3

FIG. 2



3/3

FIG. 3



REPUBLIQUE FRANCAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 546500
FR 9705509

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	NEUF D ET AL: "DOUBLE BALANCED, COPLANAR, IMAGE REJECTION MIXER USES MONOLITHIC MESFET QUAD" MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, BOSTON, JUNE 10 - 14, 1991, vol. 2, 10 juin 1991, HEITER G L, pages 843-846, XP000260504 * page 843, colonne 1, ligne 10 - page 844, colonne 2, ligne 29; figures 3,4A,5 * ---	1-6
A	GB 2 219 704 A (ADAMS RUSSELL ELECTRONICS) * page 19, ligne 22 - ligne 33; figures 1,2 *	2
A	TETSUO HIROTA ET AL: "K-BAND FREQUENCY UP-CONVERTERS USING REDUCED-SIZE COUPLERS AND DIVIDERS" PROCEEDINGS OF THE GALLIUM ARSENIDE INTEGRATED CIRCUIT SYMPOSIUM (GAAS IC), MONTEREY, OCT. 20 - 23, 1991, no. SYMP. 13, 20 octobre 1991, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 53-56, XP000313124 * page 53, colonne 1, ligne 1 - page 55, colonne 2, ligne 12; figures 4,8 *	1
A	US 5 280 648 A (DOBROVOLNY PIERRE) * abrégé; figures 4,5 *	1
A	WO 97 08821 A (ERICSSON GE MOBILE INC) * page 17, ligne 14 - page 18, ligne 14; figures 4,6-8 *	1

		1
		Date d'achèvement de la recherche
15 janvier 1998		Examinateur
		Dhondt, I
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou amende-plan technologique général		
O : divulgarion non-écrite		
P : document interne/laire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention		
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.		
D : cité dans la demande		
L : cité pour d'autres raisons		
& : membre de la même famille, document correspondant		